

УДК 696.699.86.001.24

А.Ф.СТРОЙ, д-р техн. наук, В.А.ГУТЫРЯ

Полтавский государственный технический университет им.Юрия Кондратюка

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИИ ПРИВЕДЕННЫХ ЗАТРАТ

Рассматривается решение задачи по упрощению методики расчета определения оптимальной толщины теплоизоляции на основе функции приведенных затрат. Разработана компьютерная программа и получены формулы для определения оптимальной толщины теплоизоляции.

При проектировании тепловых сетей толщину изоляции, как правило, определяют исходя из норм потерь тепла. В условиях рыночной экономики при изменении цен на строительные материалы такой подход не позволяет определить оптимальную толщину тепловой изоляции. С ее увеличением уменьшаются потери тепла, но возрастает стоимость изоляции и кровного слоя, при уменьшении толщины, наоборот, увеличиваются потери тепла и затраты, связанные с его выработкой. Толщина тепловой изоляции будет экономичной при минимуме приведенных затрат:

$$\Pi = S_{\text{тп}} + (f + E_{\text{н}})K_{\text{из}}, \quad (1)$$

где $S_{\text{тп}}$ – стоимость потерь тепла, у.е./год; f – доля отчислений на ремонт и обслуживание теплоизоляции; $E_{\text{н}}$ нормативный коэффициент эффективности, 1/год; $K_{\text{из}}$ – капитальные затраты на устройство теплоизоляции.

Общее решение поставленной задачи можно получить, если в качестве параметра оптимизации выбрать толщину тепловой изоляции, затем записать в развернутом виде функцию приведенных затрат от этого параметра и исследовать ее на экстремум. С этой целью представим каждое слагаемое в уравнении (1) как функцию от толщины теплоизоляции. Например, стоимость потерь тепла можно выразить формулой

$$S_{\text{тп}} = s_{\text{т}} Q_{\text{тп}}, \quad (2)$$

где $s_{\text{т}}$ стоимость 1 ГДж отпускаемого тепла, у.е./ГДж; $Q_{\text{тп}}$ – потери тепла 1 п.м длины трубопровода за год, ГДж/год.

$$Q_{\text{тп}} = q \cdot n \cdot 3600 \cdot 10^{-9}. \quad (3)$$

Здесь n – число часов работы трубопровода в году, ч/год; q – потери тепла 1 м длины трубопровода, Вт;

$$q = (\tau - t_0)R_{\Sigma}, \quad (4)$$

где R_{Σ} – суммарное сопротивление теплопередаче, $\text{м}^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$; τ , t_0 – температура теплоносителя и окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$.

Например, для бесканальной прокладки суммарное сопротивление теплопередаче можно представить как сумму слагаемых:

$$R_{\Sigma} = R_{\text{из}} + R_{\text{гр}} + R_{1-2}, \quad (5)$$

где $R_{\text{из}}$, $R_{\text{гр}}$, R_{1-2} – сопротивления соответственно изоляции, грунта и взаимного влияния труб, $\text{м}^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, которые можно определить по формулам

$$R_{\text{из}} = \frac{\ln \frac{2\delta_{\text{из}} + D_{\text{н}}}{D_{\text{н}}}}{2\pi\lambda_{\text{из}}}, \quad (6)$$

$$R_{\text{гр}} = \frac{\ln \frac{4h}{2\delta_{\text{из}} + D_{\text{н}}}}{2\pi\lambda_{\text{гр}}}, \quad (7)$$

$$R_{1-2} = \psi_1 \frac{\ln \sqrt{1 + (2h/a)^2}}{2\pi\lambda_{\text{гр}}}. \quad (8)$$

Здесь $\delta_{\text{из}}$ – толщина слоя теплоизоляции, м; $D_{\text{н}}$ – наружный диаметр трубопровода, м; $\lambda_{\text{из}}$, $\lambda_{\text{гр}}$ – коэффициент теплопроводности изоляции, грунта, $\text{Вт}/\text{м}^{\circ}\text{C}$; h – глубина заложения оси трубопровода, м; ψ_1 – коэффициент, учитывающий взаимное влияние труб; a – расстояние по горизонтали между осями трубопроводов, м.

Капитальные затраты на устройство 1 п.м теплоизоляции

$$K_{\text{из}} = s_{\text{из}} V_{\text{из}}, \quad (9)$$

где $s_{\text{из}}$ – стоимость изоляции, у.е./м; $V_{\text{из}}$ – объем изоляции, м.

$$V_{\text{из}} = \pi(D_{\text{н}} + \delta_{\text{из}})\delta_{\text{из}} \cdot l. \quad (10)$$

Таким образом, капитальные затраты, связанные с устройством тепловой изоляции,

$$K_{\text{из}} = s_{\text{из}} \pi \delta_{\text{из}} (D_{\text{н}} + \delta_{\text{из}}). \quad (11)$$

С учетом изложенного функция приведенных затрат от толщины теплоизоляции имеет вид

$$\Pi = \frac{s_T \cdot n \cdot 3,6 \cdot 10^{-6} (\tau - t_0)}{\ln \frac{2\delta_{из} + D_H}{D_H} + \frac{\ln \frac{4h}{2\delta_{из} + D_H}}{2\pi\lambda_{из}} + \Psi_1 \frac{\ln \sqrt{1 + (2h/a)^2}}{2\pi\lambda_{гр}}} + (f + E_H) s_{из} \pi \delta_{из} D_H + 2(f + E_H) s_{из} \pi \delta_{из}^2. \quad (12)$$

Для определения минимума функции, т.е. для получения формулы, которая будет характеризовать оптимальную толщину теплоизоляции, продифференцируем уравнение (12). После определения производной получим

$$\frac{d\Pi}{d\delta_{из}} = \frac{s_T \cdot 3,6 \cdot 10^{-6} (t_0 - \tau) \left[\frac{1}{\pi\lambda_{из} (2\delta_{из} + D_H)} - \frac{1}{\pi\lambda_{гр} (2\delta_{из} + D_H)} \right]}{\left[\frac{\ln \frac{(2\delta_{из} + D_H)}{D_H}}{2\pi\lambda_{из}} + \frac{\ln \frac{4h}{(2\delta_{из} + D_H)}}{2\pi\lambda_{гр}} + \Psi_1 \frac{\ln \sqrt{1 + (2h/a)^2}}{2\pi\lambda_{гр}} \right]^2} + (f + E_H) s_{из} \pi (D_H + 2\delta_{из}) = 0. \quad (13)$$

В этом уравнении одно из слагаемых не представляет линейную зависимость от $\delta_{из}$, поэтому применение графического метода на широком интервале $[\delta_1; \delta_2]$ будет давать значительную погрешность при определении $\delta_{из}$. С целью установления толщины тепловой изоляции с заданной точностью была разработана компьютерная программа, которая позволила получить линейную зависимость $\delta_{из} = f(\lambda_{из}, s_T, s_{из}, D_H)$ [2]:

$$\delta_{из} = 0,021 + 0,39\lambda_{из} + 0,005s_T - 0,00006s_{из} + 0,193D_H - 0,004\lambda_{из}s_T - 0,002\lambda_{из}s_{из} - 0,0014s_{из}D_H - 0,742\lambda_{из}D_H + 0,123\lambda_{из}s_T D_H; \quad (14)$$

$$\delta_{из} = 0,318 + 0,066\lambda_{из} - 0,04s_T - 0,0035s_{из} - 0,525D_H - 0,033\lambda_{из}s_T + 0,322\lambda_{из}D_H + 0,00054s_T s_{из} + 0,105s_T D_H + 0,0067s_{из} D_H + 0,004\lambda_{из}s_{из} + 0,15\lambda_{из}s_T D_H - 0,0146\lambda_{из}s_{из} D_H - 0,0012s_T D_H s_{из}. \quad (15)$$

Уравнения (14), (15) получены соответственно при среднегодовой температуре $t = 65^{\circ}\text{C}$ и $t = 90^{\circ}\text{C}$.

Для сравнения результатов вычислений с помощью уравнений (13), (14) и (15) были выполнены расчеты, которые показали, что максимальная погрешность их составляет 2,9%.

Таким образом, в результате проведенных теоретических исследований получены уравнения, которые позволяют определить оптимальную толщину теплоизоляции при бесканальной прокладке тепловой сети, причем гораздо быстрее и проще, чем это делалось до сих пор методом вариантных расчетов.

1.Строй А.Ф., Скальский В.Л. Расчет и проектирование тепловых сетей. – К.: Будівельник, 1981. – 144 с.

2.Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – К.: Техніка, 1975. – 135 с.

Получено 08.04.2001

УДК 711.01

О.Н.СИНЧУК, д-р техн. наук

Харьковский электромеханический завод

А.В.БАЗУТКИН, канд. техн. наук

Государственная металлургическая академия Украины (Криворожский филиал)

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОИЗВОДСТВА ОКОН С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕПЛОЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Приведена методика контроля эффективности энергоиспользования с помощью интеллектуальных систем, позволяющая предотвратить внедрение неэффективных технологий с точки зрения теплопотерь изготавливаемых строительных конструкций и сформулировать требования к методам испытаний для выдачи сертификата соответствия ограждающих конструкций нормативам.

Конкуренция на рынке производства окон заставляет производителей все больше внимания уделять вопросам снижения себестоимости этой продукции. Независимо от масштабов предприятия добиться уменьшения расходов на изготовление изделий можно путем последовательной рационализации производства и автоматизации технологических операций. Стремление к производству оптимальной по цене и привлекательной по оформлению внешнего вида оконной продукции вынуждает производителей, связанных с изготовлением окон из ПВХ и алюминия, решать, с одной стороны, вопросы модернизации всего оборудования от отдельных станков до полностью автоматизированных линий, а с другой – заниматься рационализацией всего технологического процесса. Как отмечено в [1], автоматизация производства